

Volumen 2

Parte IV: Procesos de maquinado y máquinas herramientas 563

21 Fundamentos de maquinado 566

- 21.1 Introducción 566
- 21.2 Mecánica de corte 567
- 21.3 Fuerzas y potencia en el proceso de corte 577
- 21.4 Temperaturas durante el proceso de corte 580
- 21.5 Vida de la herramienta: desgaste y falla 582
- 21.6 Acabado e integridad de la superficie 589
- 21.7 Maquinabilidad 591
- Resumen* 595 *Términos clave* 596 *Bibliografía* 596
- Preguntas de repaso* 596 *Problemas cualitativos* 597
- Problemas cuantitativos* 598 *Síntesis, diseño y proyectos* 599

22 Materiales para la herramienta de corte y fluidos de corte 600

- 22.1 Introducción 600
- 22.2 Aceros de alta velocidad 604
- 22.3 Aleaciones fundidas de cobalto 605
- 22.4 Carburos 605
- 22.5 Herramientas recubiertas 609
- 22.6 Cerámicos base alúmina 612
- 22.7 Nitruro de boro cúbico 613
- 22.8 Cerámicos con base en nitruro de silicio 614
- 22.9 Diamante 614
- 22.10 Materiales y nanomateriales reforzados con triquitas 615
- 22.11 Costos y reacondicionamiento de herramientas 616
- 22.12 Fluidos de corte 616
- Resumen* 622 *Términos clave* 622 *Bibliografía* 622
- Preguntas de repaso* 623 *Problemas cualitativos* 623
- Problemas cuantitativos* 624 *Síntesis, diseño y proyectos* 624

23 Procesos de maquinado: torneado y producción de orificios 625

- 23.1 Introducción 625
- 23.2 Torneado 628
- 23.3 Tornos y operaciones en tornos 636
- 23.4 Mandrinado y máquinas para mandrinar 651
- 23.5 Taladrado, brocas y taladros 652
- 23.6 Rimado y rimas 661
- 23.7 Machuelado y machuelos 662
- Resumen* 664 *Términos clave* 665 *Bibliografía* 665
- Preguntas de repaso* 665 *Problemas cualitativos* 666
- Problemas cuantitativos* 666 *Síntesis, diseño y proyectos* 667

24 Procesos de maquinado: fresado, brochado, aserrado, limado y manufactura de engranes 668

- 24.1 Introducción 668
- 24.2 Fresado y fresadoras 669
- 24.3 Cepillado 684
- 24.4 Brochado y brochadoras 684
- 24.5 Aserrado 688
- 24.6 Limado 692
- 24.7 Manufactura de engranes por medio de maquinado 692
- Resumen* 699 *Términos clave* 700 *Bibliografía* 700
- Preguntas de repaso* 700 *Problemas cualitativos* 700
- Problemas cuantitativos* 701 *Síntesis, diseño y proyectos* 702

25 Centros de maquinado, estructuras de las máquinas herramienta y economía del maquinado 703

- 25.1 Introducción 703
- 25.2 Centros de maquinado 703
- 25.3 Estructuras de máquinas herramienta 712
- 25.4 Vibración y traqueteo en las operaciones de maquinado 716
- 25.5 Maquinado de alta velocidad 719
- 25.6 Maquinado de alta dureza 720
- 25.7 Maquinado de ultraprecisión 721
- 25.8 Economía del maquinado 722
- Resumen* 726 *Términos clave* 726 *Bibliografía* 727
- Preguntas de repaso* 727 *Problemas cualitativos* 727
- Problemas cuantitativos* 728 *Síntesis, diseño y proyectos* 728

26 Operaciones de maquinado y acabado con abrasivos 729

- 26.1 Introducción 729
- 26.2 Abrasivos y abrasivos aglutinados 731
- 26.3 Proceso de rectificado 737
- 26.4 Operaciones de rectificado y rectificadoras 746
- 26.5 Consideraciones de diseño en el rectificado 755
- 26.6 Maquinado ultrasónico 755
- 26.7 Operaciones de acabado 756
- 26.8 Operaciones de desbarbado 761
- 26.9 Economía de las operaciones de maquinado y acabado con abrasivos 764
- Resumen* 765 *Términos clave* 765 *Bibliografía* 766
- Preguntas de repaso* 766 *Problemas cualitativos* 767
- Problemas cuantitativos* 767 *Síntesis, diseño y proyectos* 768

27 Procesos de maquinado avanzado y sus equipos 769

- 27.1 Introducción 769
- 27.2 Maquinado químico 770
- 27.3 Maquinado electroquímico 775
- 27.4 Rectificado electroquímico 779
- 27.5 Electroerosión 780
- 27.6 Maquinado con rayo láser 784
- 27.7 Maquinado con haz de electrones 787
- 27.8 Maquinado con chorro de agua 788
- 27.9 Maquinado con chorro abrasivo 790
- 27.10 Sistemas de maquinado híbrido 790
- 27.11 Economía de los procesos de maquinado avanzado 791
- Resumen* 794 *Términos clave* 794 *Bibliografía* 795
- Preguntas de repaso* 795 *Problemas cualitativos* 795
- Problemas cuantitativos* 796 *Síntesis, diseño y proyectos* 796

NOTA AL LECTOR

El capítulo 28 “Fabrication of Microelectronic Devices” (correspondiente a las páginas 797 a 840) y el capítulo 29 “Fabrication of Microelectro-mechanical Devices and Systems; Nanoscale Manufacturing” (correspondiente a las páginas 841 a 872) se encuentran en formato PDF, en inglés, en la página web de este libro.

Part V: Micromanufacturing and Fabrication of Microelectronic Devices 797

28 Fabrication of Microelectronic Devices 800

- 28.1 Introduction 800
- 28.2 Clean Rooms 803
- 28.3 Semiconductors and Silicon 804
- 28.4 Crystal Growing and Wafer Preparation 805
- 28.5 Film Deposition 807
- 28.6 Oxidation 809
- 28.7 Lithography 810
- 28.8 Etching 818
- 28.9 Diffusion and Ion Implantation 825
- 28.10 Metallization and Testing 827
- 28.11 Wire Bonding and Packaging 830
- 28.12 Yield and Reliability 835
- 28.13 Printed Circuit Boards 835
- Summary* 837 *Key Terms* 838 *Bibliography* 838
- Review Questions* 838 *Qualitative Problems* 839
- Quantitative Problems* 839 *Synthesis, Design, and Projects* 840

29 Fabrication of Microelectromechanical Devices and Systems; Nanoscale Manufacturing 841

- 29.1 Introduction 841
- 29.2 Micromachining of MEMS Devices 843
- 29.3 Electroforming-based Processes 854
- 29.4 Solid Free-form Fabrication of Devices 861
- 29.5 Nanoscale Manufacturing 866
- Summary* 869 *Key Terms* 869 *Bibliography* 869
- Review Questions* 870 *Qualitative Problems* 870
- Quantitative Problems* 870 *Synthesis, Design, and Projects* 871

Parte VI: Procesos y equipos para unir 873

30 Procesos de soldadura por fusión 877

- 30.1 Introducción 877
- 30.2 Soldadura con gas oxcombustible 877
- 30.3 Procesos de soldadura por arco: electrodo no consumible 882
- 30.4 Procesos de soldadura por arco: electrodo consumible 885
- 30.5 Electrodo para soldadura por arco 890
- 30.6 Soldadura con haz de electrones 892
- 30.7 Soldadura con rayo láser 893
- 30.8 Corte 894
- 30.9 Unión soldada, calidad y prueba de la soldadura 896
- 30.10 Diseño de la unión y selección del proceso 905
- Resumen* 908 *Términos clave* 909 *Bibliografía* 909
- Preguntas de repaso* 909 *Problemas cualitativos* 910
- Problemas cuantitativos* 910 *Síntesis, diseño y proyectos* 911

31 Procesos de soldadura de estado sólido 912

- 31.1 Introducción 912
- 31.2 Soldadura en frío y unión por rolado 913
- 31.3 Soldadura ultrasónica 914
- 31.4 Soldadura por fricción 915
- 31.5 Soldadura con resistencia 917
- 31.6 Soldadura por explosión 925
- 31.7 Soldadura por difusión 926
- 31.8 Economía de las operaciones de soldadura 928
- Resumen* 930 *Términos clave* 930 *Bibliografía* 931
- Preguntas de repaso* 931 *Problemas cualitativos* 931
- Problemas cuantitativos* 932 *Síntesis, diseño y proyectos* 932

32 Soldadura fuerte, soldadura blanda, unión con adhesivos y procesos de sujeción mecánica 934

- 32.1 Introducción 934
- 32.2 Soldadura fuerte 935
- 32.3 Soldadura blanda 939
- 32.4 Unión adhesiva 943
- 32.5 Sujeción mecánica 949
- 32.6 Unión de plásticos, cerámicos y vidrios 953
- 32.7 Economía de las operaciones de unión 957
- Resumen 958 Términos clave 958 Bibliografía 959*
- Preguntas de repaso 959 Problemas cualitativos 959*
- Problemas cuantitativos 960 Síntesis, diseño y proyectos 960*

Parte VII: Tecnología de superficies 961

33 Rugosidad de una superficie y su medición; fricción, desgaste y lubricación 963

- 33.1 Introducción 963
- 33.2 Estructura e integridad de una superficie 964
- 33.3 Textura y rugosidad de una superficie 966
- 33.4 Fricción 969
- 33.5 Desgaste 973
- 33.6 Lubricación 976
- 33.7 Fluidos en el trabajo de metales y su selección 978
- Resumen 981 Términos clave 982 Bibliografía 982*
- Preguntas de repaso 983 Problemas cualitativos 983*
- Problemas cuantitativos 984 Síntesis, diseño y proyectos 984*

34 Tratamientos, recubrimientos y limpieza de superficies 985

- 34.1 Introducción 985
- 34.2 Tratamientos mecánicos de la superficie 986
- 34.3 Deposición y chapeado mecánicos 987
- 34.4 Endurecimiento superficial y revestimiento duro 988
- 34.5 Rociado térmico 988
- 34.6 Deposición de vapor 989
- 34.7 Implantación iónica y recubrimiento por difusión 993
- 34.8 Tratamientos con láser 993
- 34.9 Electrodeposición, deposición no electrolítica y electroformado 994
- 34.10 Recubrimientos de conversión 998
- 34.11 Inmersión en caliente 998
- 34.12 Porcelanizado; recubrimientos cerámicos y orgánicos 999

- 34.13 Recubrimientos de diamante y de carbono similar al diamante 1000
- 34.14 Texturizado de la superficie 1001
- 34.15 Pintura 1001
- 34.16 Limpieza de las superficies 1002
- Resumen 1004 Términos clave 1004 Bibliografía 1004*
- Preguntas de repaso 1005 Problemas cualitativos 1005*
- Problemas cuantitativos 1005 Síntesis, diseño y proyectos 1005*

Parte VIII: Metrología, instrumentación y aseguramiento de la calidad en la ingeniería 1007

35 Metrología e instrumentación en la ingeniería 1008

- 35.1 Introducción 1008
- 35.2 Patrones de medición 1008
- 35.3 Características geométricas de las partes: mediciones analógicas y digitales 1010
- 35.4 Métodos e instrumentos de medición tradicionales 1010
- 35.5 Instrumentos y máquinas modernos de medición 1017
- 35.6 Medición automatizada 1020
- 35.7 Características generales y selección de los instrumentos de medición 1021
- 35.8 Dimensionamiento geométrico y tolerancias 1021
- Resumen 1027 Términos clave 1027 Bibliografía 1027*
- Preguntas de repaso 1028 Problemas cualitativos 1028*
- Problemas cuantitativos 1029 Síntesis, diseño y proyectos 1029*

36 Aseguramiento, prueba e inspección de la calidad 1030

- 36.1 Introducción 1030
- 36.2 Calidad del producto 1031
- 36.3 Aseguramiento de la calidad 1031
- 36.4 Administración total de la calidad 1032
- 36.5 Métodos Taguchi 1034
- 36.6 Los estándares ISO y QS 1038
- 36.7 Métodos estadísticos de control de calidad 1039
- 36.8 Control estadístico del proceso 1042
- 36.9 Confiabilidad de los productos y procesos 1048
- 36.10 Pruebas no destructivas 1048
- 36.11 Pruebas destructivas 1052
- 36.12 Inspección automatizada 1052

Resumen 1053 *Términos clave* 1054 *Bibliografía* 1054
Preguntas de repaso 1054 *Problemas cualitativos* 1055
Problemas cuantitativos 1055 *Síntesis, diseño y proyectos* 1056

Parte IX: La manufactura en un ambiente competitivo 1057

37 Automatización de los procesos y operaciones de manufactura 1059

- 37.1 Introducción 1059
- 37.2 Automatización 1061
- 37.3 Control numérico 1068
- 37.4 Control adaptativo 1074
- 37.5 Manejo y movimiento de materiales 1077
- 37.6 Robots industriales 1078
- 37.7 Tecnología de sensores 1085
- 37.8 Sujeción flexible 1089
- 37.9 Sistemas de ensamble 1090
- 37.10 Consideraciones de diseño para la sujeción, el ensamble, desensamble y servicio 1094
- 37.11 Consideraciones económicas 1096

Resumen 1097 *Términos clave* 1098 *Bibliografía* 1098
Preguntas de repaso 1098 *Problemas cualitativos* 1099
Problemas cuantitativos 1099 *Síntesis, diseño y proyectos* 1099

38 Manufactura asistida por computadora 1101

- 38.1 Introducción 1101
- 38.2 Sistemas de manufactura 1102
- 38.3 Manufactura integrada por computadora 1102
- 38.4 Diseño e ingeniería asistidos por computadora 1105
- 38.5 Manufactura asistida por computadora 1110
- 38.6 Planeación del proceso asistida por computadora 1110
- 38.7 Simulación en computadora de los procesos y sistemas de manufactura 1113
- 38.8 Tecnología de grupos 1114

Resumen 1122 *Términos clave* 1122 *Bibliografía* 1122
Preguntas de repaso 1123 *Problemas cualitativos* 1123
Síntesis, diseño y proyectos 1123

39 Sistemas de manufactura integrados por computadora 1124

- 39.1 Introducción 1124
- 39.2 Manufactura celular 1125

39.3	Sistemas de manufactura flexible	1126
39.4	Manufactura holónica	1129
39.5	Producción justo a tiempo	1131
39.6	Manufactura esbelta	1132
39.7	Las redes de comunicación en la manufactura	1134
39.8	Inteligencia artificial	1135
39.9	Consideraciones económicas	1138
	<i>Resumen</i>	1138
	<i>Términos clave</i>	1139
	<i>Bibliografía</i>	1139
	<i>Preguntas de repaso</i>	1139
	<i>Problemas cualitativos</i>	1140
	<i>Síntesis, diseño y proyectos</i>	1140

40 Diseño y manufactura del producto en un ambiente competitivo 1141

40.1	Introducción	1141
40.2	Diseño del producto	1142
40.3	Calidad del producto	1145
40.4	Evaluación del ciclo de vida y manufactura sustentable	1145
40.5	Consumo de energía durante la manufactura	1147
40.6	Selección del material para los productos	1149
40.7	Sustitución de materiales	1151
40.8	Capacidades del proceso de manufactura	1153
40.9	Selección del proceso	1155
40.10	Costos de manufactura y su reducción	1158
	<i>Resumen</i>	1162
	<i>Términos clave</i>	1162
	<i>Bibliografía</i>	1162
	<i>Preguntas de repaso</i>	1163
	<i>Problemas cualitativos</i>	1163
	<i>Síntesis, diseño y proyectos</i>	1164

Índice 1167